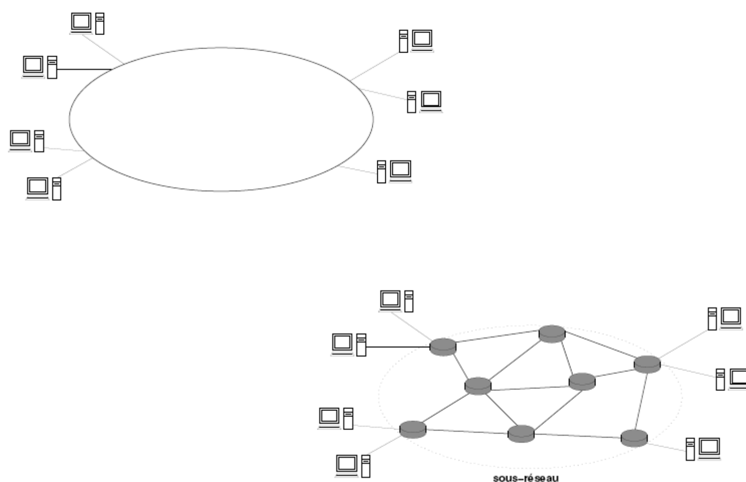
Fondements Concepts Réseaux

D'après les cours de Cyril Pain-Barre
IUT Informatique Aix-en-Provence

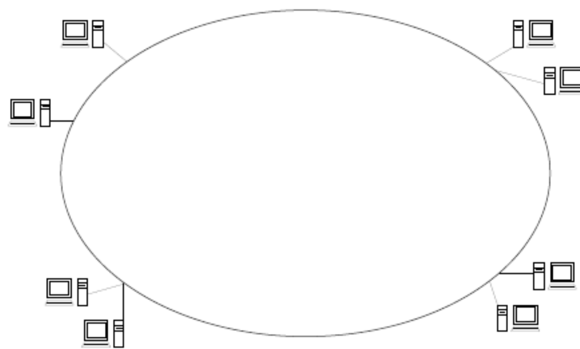
- Introduction
- Modèles de communication
- Classification des réseaux
- Logiciels de réseaux
- Modèle OSI
- Informations à travers les couches

Introduction aux réseaux informatiques

Qu'est-ce qu'un réseau ?



un inter-réseau ?



Internet

- le plus grand des inter-réseaux
- de très nombreux réseaux y participent :
  - réseaux d'entreprises
  - réseaux d'opérateurs de télécommunication, de câblo-opérateurs et de fournisseurs d'accès (satellites, filaires, sans-fil, etc.)
  - réseaux de particuliers
- sa croissance est exponentielle :

Année	Réseaux	Hôtes	Utilisateurs	Gestionnaires
1980	10	10^2	10^2	1
1990	10^3	10^5	10^6	10
2000	10^5	10^7	10^8	10^2

- l'Internet du futur devrait être un réseau multimédia capable de transporter correctement des données, de la voix numérisée et de la vidéo haute-définition en temps réel

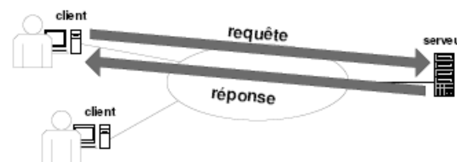
Utilité des réseaux

- Pour les entreprises et organisations :
  - partage des ressources (programmes, matériels, données)
  - fiabilité/résistance aux pannes (duplication des données)
  - réduction de coût (plusieurs micro-ordinateurs plutôt qu'un gros)
  - outil de communication (messagerie électronique, travail collaboratif)
  - commandes de fournitures en temps réel
  - commerce électronique
- Pour les particuliers :
  - accès à l'information répartie (WWW)
  - communication (email, messagerie instantanée, forums, blogs, etc.)
  - jeux
  - commerce électronique

Modèles de communication

Modèle de communication client-serveur

La plupart des communications d'un utilisateur sur un réseaux suivent le modèle **client-serveur** :

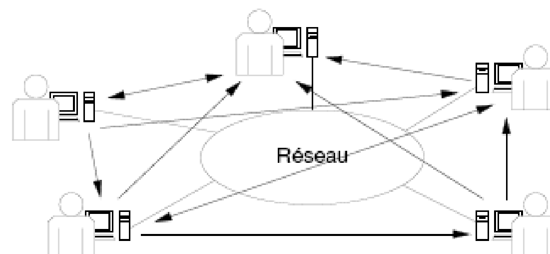


- le client (utilisateur) se connecte à un serveur (prestataire de service) et envoie une requête, comme récupérer une page Web
- en retour, le serveur envoie une réponse contenant la page demandée

Modele de communication d'egal a egal

Certaines communications suivent le modèle **peer-to-peer** :

- les utilisateurs forment un groupe dans lequel chacun peut communiquer avec l'autre
- chacun joue le rôle de client et de serveur



- un serveur peut être nécessaire pour mettre en relation les utilisateurs

Classification des réseaux

Nombreux réseaux différents

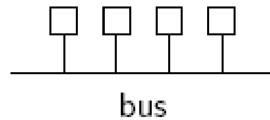
- par le débit
- par leur étendue et leurs objectifs
- par le type de transmission
- par leur technique de transfert
- par la qualité de service

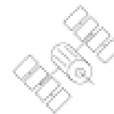
Types de transmission

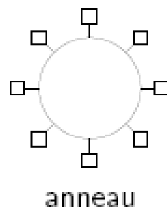
Réseaux à diffusion

- un seul canal de transmission partagé par tous
  - un message envoyé sur ce canal est reçu par toutes les stations
  - le message contient un **champ** *adresse de destination*
  - la station possèdant cette adresse accepte le message
- 3 types d'adresses :
  - unicast : destination unique
  - multicast : destination à un groupe de stations
  - broadcast : adresse de toutes les stations
- différents supports et topologies possibles :

Topopologie de réseaux à diffusion





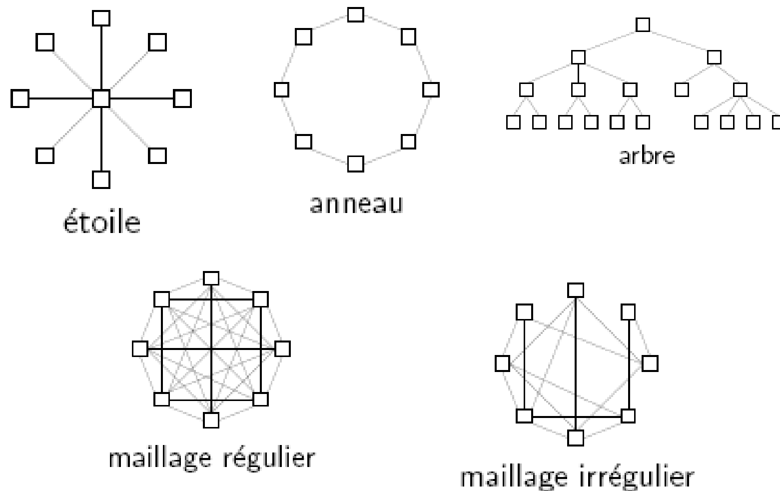




Réseaux point-à-point

- constitués de nœuds de transfert et de lignes
- une ligne connecte deux nœuds
- les réseaux de grande étendue (WAN) sont principalement point-à-point

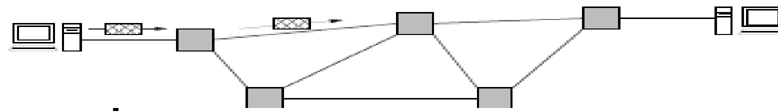
Topologies de Réseaux point-à-point

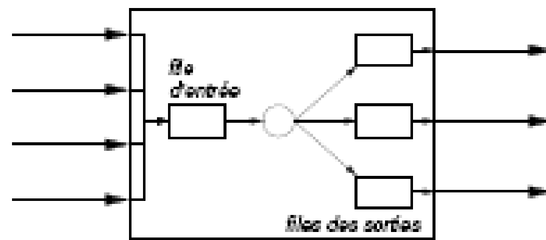


Réseaux point-à-point : commutation et routage

- le transfert d'information dans un réseau point-à-point nécessite l'emploi de la commutation ou du routage
- la commutation ou le routage:
  - sont opérés par les nœuds de transfert (équipements spécialisés dans l'acheminement d'information dans le réseau)
  - l'acheminement d'information dans le réseau consistent, pour une information reçue en entrée, à choisir une ligne de sortie menant à sa destination finale

Réseaux point-à-point : commutation et routage





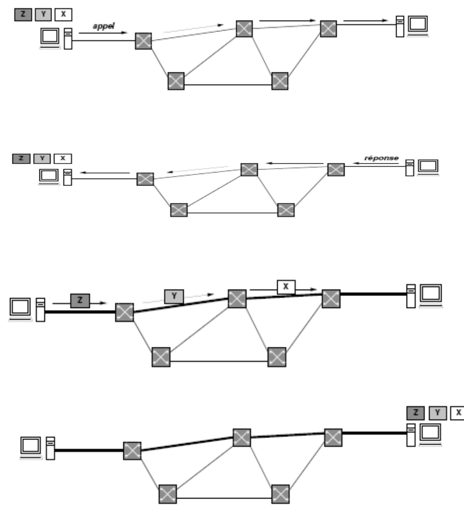
commutateur ou routeur

recouvrement d'erreur et contrôle de flux peuvent être implémentés dans les nœuds

Réseaux point-à-point : commutation

- l'information est accompagnée d'une référence (identificateur, étiquette)
- le commutateur choisit la sortie en consultant sa table de commutation
- les informations ayant la même référence passent par le même chemin
- la référence tient sur 24 ou 28 bits dans ATM, 12 bits dans X.25, et 10, 16 ou 23 bits pour le relais de trames
- nécessite un appel (signalisation) permettant d'établir un chemin
- (exception : Ethernet)
- cet appel est dirigé grâce à une table de routage
- si l'appel aboutit, une référence est obtenue
- en cas de panne de ligne, la table de routage doit être modifiée
- un commutateur est souvent représenté par l'objet suivant :

Réseaux point-à-point : commutation

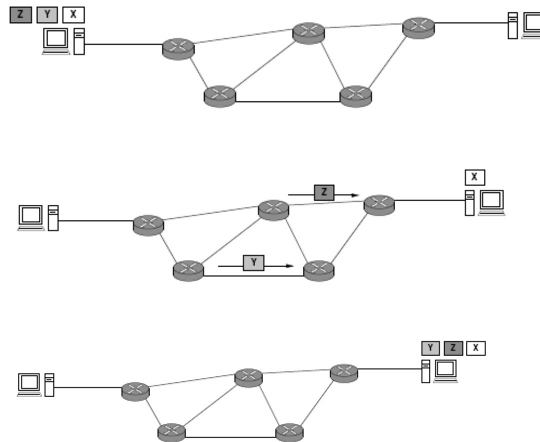


Réseaux point-à-point : routage

- moins performant que la commutation pour des flots longs de données
- chaque paquet contient l'adresse de la destination
- le routeur choisit la sortie en consultant sa table de routage
- l'adresse est sur 4 octets dans IPv4, et sur 16 octets dans IPv6
- les informations destinées à une adresse données peuvent suivre des chemins différents
- le routage est adopté dans les réseaux IP, tels qu'Internet
- un routeur est souvent représenté par l'objet suivant :



Réseaux point-à-point : routage



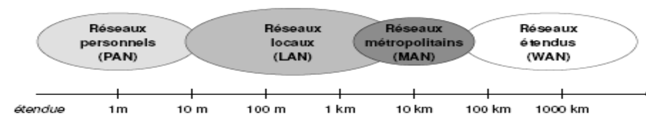
Réseaux point-à-point : routeurs-commutateurs

- technique récente combinant la commutation et le routage
- l'utilisateur indique s'il veut un flot commuté (transfert de fichiers, audio/video) ou routé (butinage)
- plusieurs solutions incompatibles ont été développées par les constructeurs (Cisco, IBM, 3Com, etc.)
- l'IETF (Internet Engineering Task Force) a normalisé le MPLS (MultiProtocol Label-Switching) qui est de plus en plus employé par les opérateurs

Les réseaux selon leur étendue

Classification par taille

- Les réseaux peuvent être classés selon leur étendue. Leurs objectifs ne sont pas les mêmes



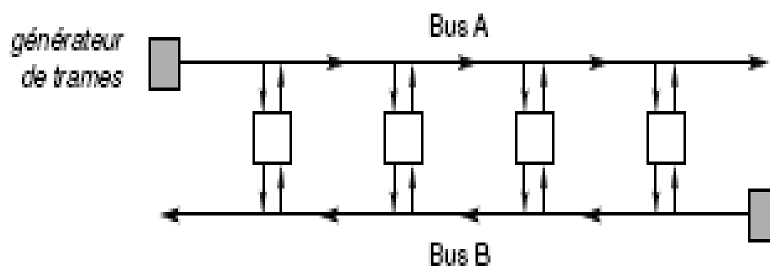
- PAN (Personal Area Network) : réseau pour une seule personne
- LAN (Local Area Network) : réseau d'entreprise dans un bâtiment ou un campus
- MAN (Metropolitan Area Network) : couvre une ville
- WAN (Wide Area Network) : couvre un pays, un continent

LAN : Local Area Network

Ou réseaux d'entreprises
- réseaux privés
- principalement réseaux à diffusion
- quelques kilomètres ou plus
- objectifs principaux :
  - connexion des postes de travail utilisateur (échange de messages, partage de fichiers)
  - serveurs de fichiers
  - accès aux bases de données
  - partage de ressources matérielles (imprimantes, fax, etc.) et logicielles
- délais de propagation max connu
- débit de quelques Mbit/s jusqu'à plusieurs Gbit/s
- Exemples :
  - en bus : IEEE 802.3 ou Ethernet de Xerox, Intel et Digital
  - en anneau : IEEE 802.5 ou Token Ring d'IBM

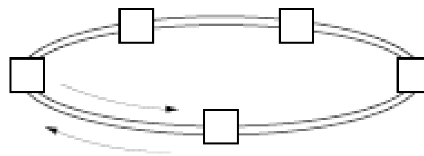
MAN : Metropolitan Area Network

- réseaux publics ou privés
- couvrent une ville
- objectif principal : interconnexion de réseaux locaux
- exemples :
  - IEEE 802.6 ou DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
  - débits a 155 Mbit/s ou 622 Mbit/s pour voix, données, télévision



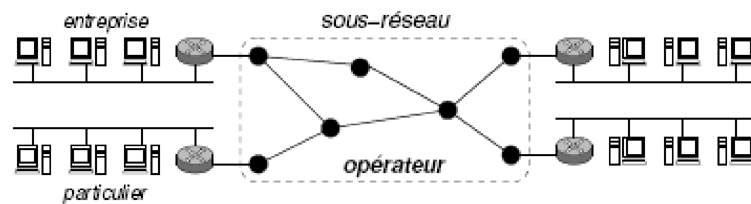
MAN

- FDDI (Fiber Distributed Data Interface) pour les données à 100 Mbit/s sur un diamètre max de 31 km :
- câble télévision qui depuis 1990 permet des transmissions bidirectionnelles



WAN : Wide Area Network

- réseaux d'opérateurs ou de fournisseurs d'accès
- objectif principal : acheminer de l'information sur de longues distances
- couvrent un pays, un continent
- comprend :
  - des hôtes (ordinateurs gérés par les clients)
  - un sous-réseau (géré par l'operateur) constitué de :
    - lignes de communication
    - nœuds de transfert : commutateurs ou routeurs

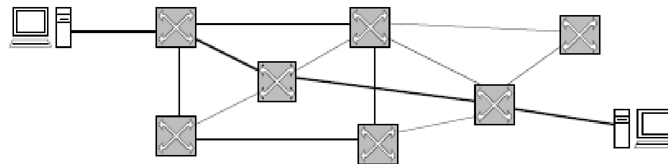


exemples :
- •SMDS (Switched Multimegabits Data Service)
- •X.25 (obsolète, date de 1976)
- •Frame Relay
- •ATM

Techniques de transfert

Commutation de circuits

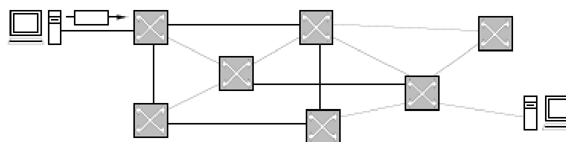
- principe du réseau téléphonique commuté (RTC)
- un circuit physique est établi entre l'émetteur et le récepteur



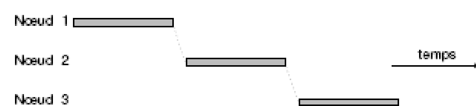
- une liaison n'est utilisée que par un seul circuit
- mode de fonctionnement du RNIS (Réseau Numérique à Intégration de Services) proposé par les opérteurs télécom dans les années 80

Transfert de messages

- un message forme un tout (fichier, ligne/page de texte, secteur disque)
- le message passe de nœud en nœud jusqu'à sa destination



- envoyé au nœud suivant lorsque complètement et correctement reçu par le nœud courant (*store-and-forward*)
- temps de transit $\geq$ somme des temps de transfert :

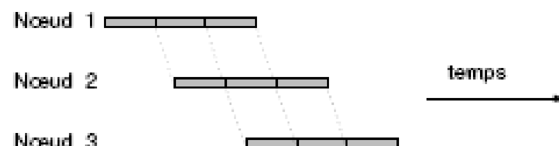


Transfert de messages (suite)

- nécessite de la mémoire tampon, la gestion des (re)transmissions, le contrôle de flux
- difficulté de transmission de très longs messages : pour un taux d'erreur de 10^{-5} par bit, un message de 100 000 octets a une probabilité de 0,0003 d'arriver correctement
- après 1970, remplacé progressivement par le transfert de paquets

Transfert de paquets

- le message est découpé en paquets
- chaque paquet comporte la référence ou l'adresse destination
- un paquet a une taille maximale fixée
- les paquets sont retransmis après réception (*store-and-forward*)
- plus il y a de paquets, plus le transfert est efficace comparé au transfert de messages :

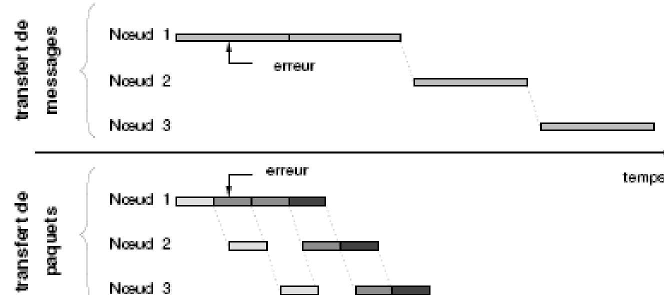


Transfert de paquets

- lorsque le paquet est très petit et de taille fixe (53 octets), il est appélé **cellule**
- si les routes suives par les paquets sont différentes, il faudra le réassembler pour reformer le message
- Internet utilise le routage de paquets (IP)
- ATM utilise la commutation de cellules

Efficacité de la reprise sur erreur

- supposons qu'en cas d'erreur de transmission le message ou le paquet soit immédiatement retransmis :
- on s'aperçoit que le transfert de paquet est bien plus efficace :



La qualité de service

La qualité de service

- la fiabilité du transfert de données est lourde et couteuse (en ressources, en temps) :
  - gestion des acquittements (accuses de réception)
  - retransmission
  - remise en séquence
- garantie du débit : nécessite souvent la réservation de ressources dans les nœuds intermédiaires
- garantie du délais : important pour le transfert de la voix, la visio-conference, etc.
- ces garanties sont difficiles (voire impossibles) pour les réseaux a routage

Logiciels de réseaux

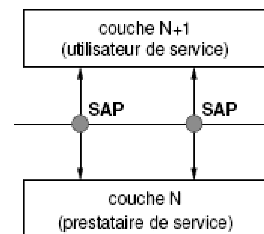
PROTOCOLES, SERVICES, COUCHES ET INTERFACES

Architectures en couches

- La complexité des réseaux et des techniques permettant d'offrir une qualité de service donnée pour le transfert d'information, ont conduit a définir des architectures logicielles structurées en couches
- chaque type de réseau (ATM, X.25, Ethernet, IP. . .) à une architecture contenant un nombre de couches qui lui est propre
- les couches sont empilées
- une couche a un rôle bien défini : c'est un prestataire de service pour la couche située au dessus
- une couche est composée de 3 objets :
  - le service
  - le protocole
  - les points d'accès au service
- une couche peut être implémentée de façon matérielle ou logicielle
- on appelle entité, un élément (puce, processus) actif d'une couche

Service

- un service est rendu par une couche N pour la couche N + 1
- accessible à la couche N + 1 par un point d'accès au service (Service Access Point) en utilisant des primitives de services
- produit des événements



Service

- Exemples :
  - émettre des bits sur un support physique
  - envoyer une trame a destination d'un nœud situe a l'extrémité du support
  - envoyer un paquet à destination d'une station éloignée
  - envoyer un email à un utilisateur

Service : mode connexion ou sans connexion

La sémantique d'association d'un service détermine son mode de communication :

- Mode connexion (ou orienté connexion) :
  - principe similaire au service téléphonique
  - le transfert d'information se déroule en 3 phases :
    - établissement de la connexion
    - échange de données (avec ou sans séparation des frontières de messages)
    - libération de la connexion
  - service offert par de nombreux réseaux commutés (hors Ethernet)

Service : mode connexion ou sans connexion

- Mode sans connexion (ou datagramme) :
  - principe similaire au courrier postal, on envoie des messages sans se soucier de la disponibilité du destinataire
  - chaque datagramme (message ou paquet) contient l'adresse du (ou des) destinataire(s)
  - service offert par Ethernet, les réseaux IP (dont Internet)

Service : fonctionnalites

La sémantique de fonctionnalité d'un service regroupe l'ensemble des procédures utilisées pendant la phase de transfert.

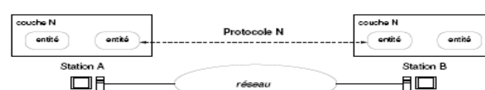
Pour le mode connexion, les principales sont :

- fragmentation-réassemblage
- concaténation-séparation
- données exprès
- remise en séquence
- réinitialisation
- contrôlé de flux
- contrôle d'erreur

Protocoles

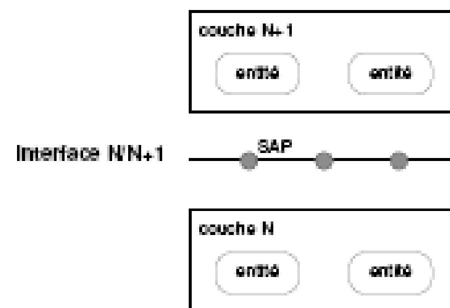
- ensemble de règles formelles et de conventions qui déterminent comment deux partis doivent échanger des données au travers d'un media réseau, comprenant :
  - le format des messages (nature des informations qu'il contient, leur emplacement dans le message)
  - le contrôle et l'envoi de données
  - les algorithmes de réaction à un événement : que faire d'une
  - information reçue, doit-on répondre et comment, comment
  - réagir lorsqu'on attendait une réponse qui n'est pas parvenue, etc.. .

les partis sont appelés entités paires car appartiennent à la même couche (sur des hôtes différents)

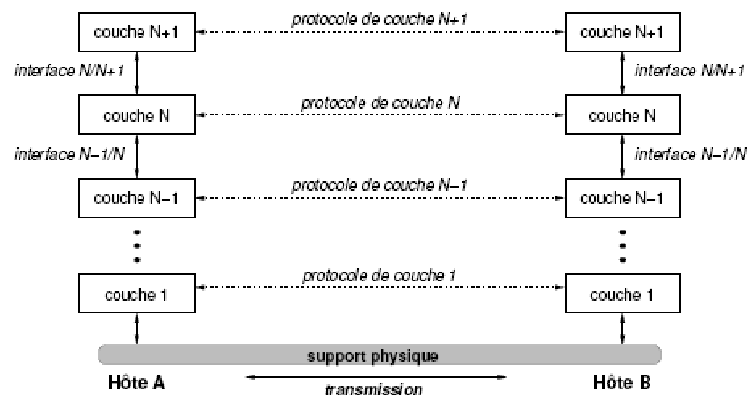


Interface

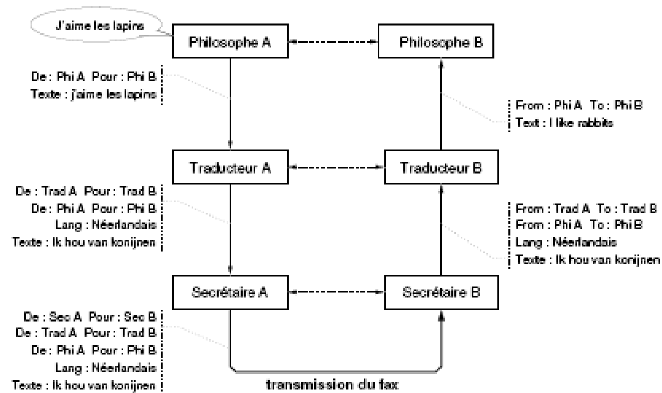
- une interface fait la jonction entre deux couches adjacentes
- définit les opérations et les services offerts par la couche inférieure
- comprend les données et les primitives de service
- une couche peut être modifiée/remplacée tant qu'elle fournit la même interface
- les implémentations des couches ainsi que la présentation des interfaces changent selonvles systèmes



Couches, Protocoles et Interfaces



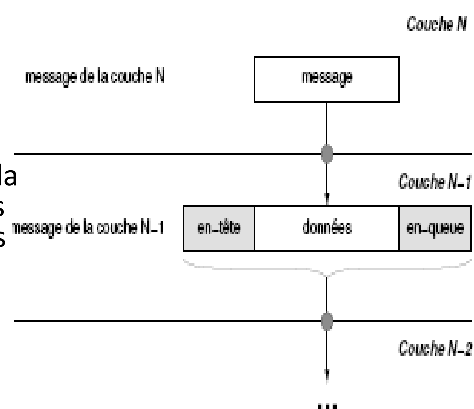
Exemple d'architecture



- les philisophes considèrent qu'ils ne parlent qu'entre eux
- de même pour les traducteurs et les secrétaires
- seul le support physique transmet réellement (fax)

Encapsulation de messages

- une couche de niveau N ayant des données à envoyer les transmet a la couche N+1
- pour réaliser son service, la couche N +1 encapsule les données en y ajoutant des informations :
  - en en-tête (header)
  - et/ou en en-queue (trailer)
- l'opération inverse est réalisée par l'entité réceptrice

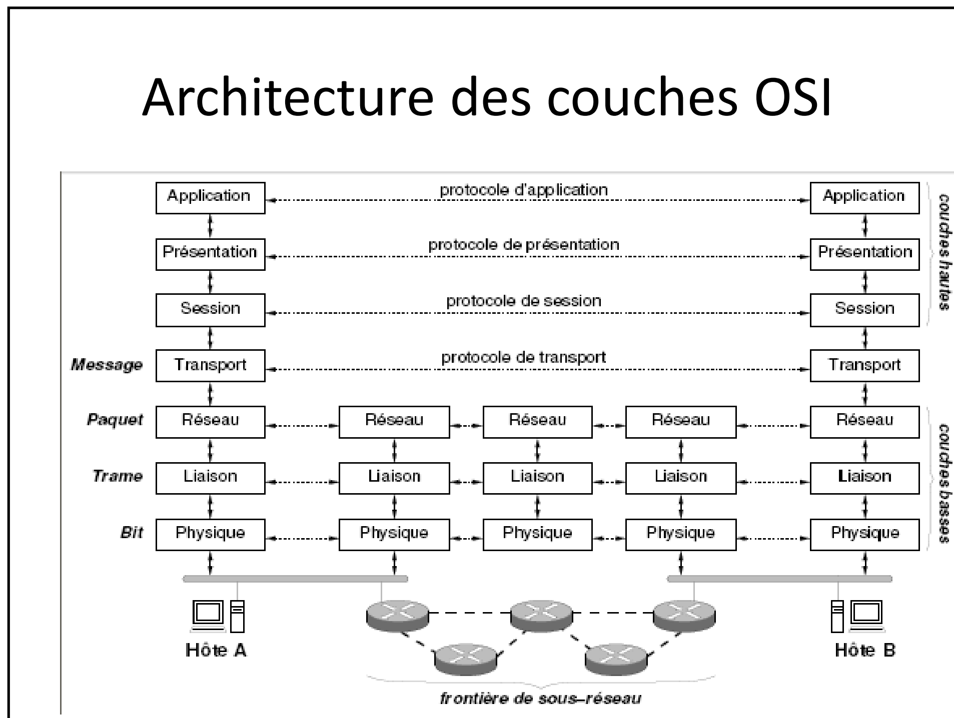


Modèle OSI

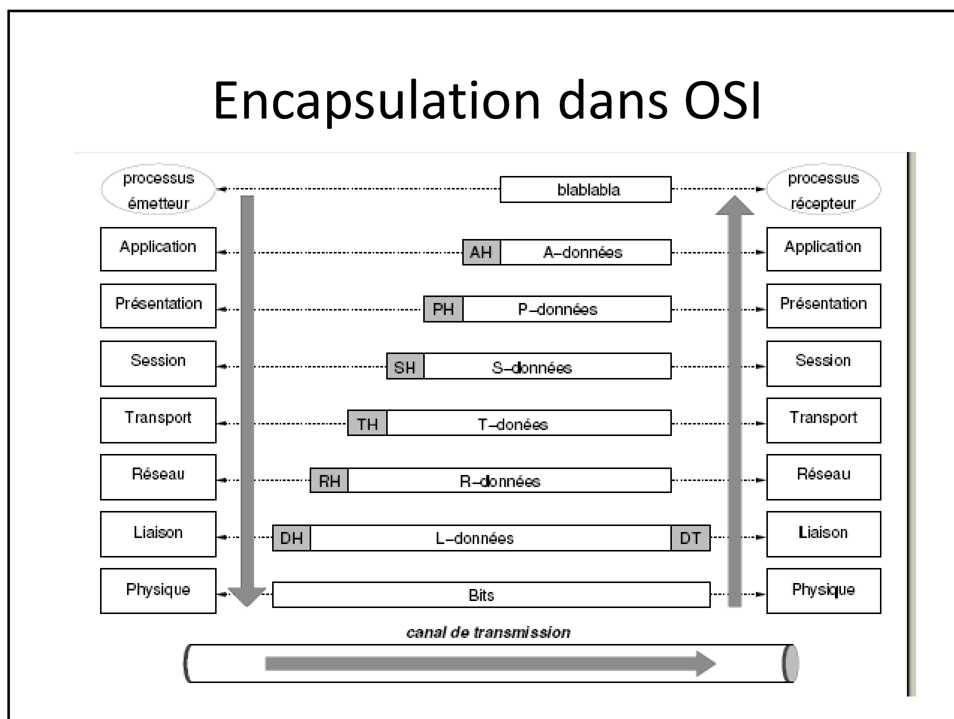
Le modèle d'architecture OSI

- OSI :Open Systems Interconnection(interconnexion de systèmes ouverts)
- ensemble de normes de l'ISO (International Standardization Organization)
- comprend 7 couches
- a assez peu été implémenté en pratique
- mais est le modèle de référence

Architecture des couches OSI



Encapsulation dans OSI



La couche Physique

- rôle : transmission de bits sur un canal
- concernée par :
  - représentation de bit a 1 ou 0 (voltage,...)
  - durée de transmission d'un bit
  - débit
  - sens de transmission
  - type de support (câbles, ondes,...)
  - nombre de broches des connecteurs et rôle
- nécessite des compétences en électronique, en physique, en codage et en traitement du signal

La couche Liaison de Données

- rôle : envoyer et recevoir des trames de données sur une liaison
- une trame est un ensemble de bits regroupés pour être transportés
- concernée par :
  - la création de frontières de trames
  - le découpage de flots de bits en trames
  - la gestion des accès au canal de communication
  - l'adressage des interfaces de la liaison (adresses MAC)
  - la correction ou la détection d'erreur
  - l'envoi en séquence et la gestion d'acquittements
  - la régulation de flux
- note sur le taux d'erreur :
  - pour la communication téléphonique : 1/1000 ne pose pas de problème
  - pour les transactions bancaires : 10-8, ce qui donne une erreur tous les 200 jours pour 1 Gbit/s, et tous les 500 ans a 1 Mbit/s
- de plus en plus, la correction d'erreur est laissée aux couches supérieures
- plusieurs normes : HDLC (High-Level Data Link Conrol), LAP-B de X.25, Ethernet, . . .

La couche Réseau

- Rôle : utiliser et gérer le sous-réseau afin de transmettre des paquets de liaison en liaison en passant par des systèmes intermédiaires (routeurs/commutateurs)
- concernée par :
  - l'acheminement de paquets dans le sous-réseau (choix d'une "route")
  - la traduction des paquets selon les réseaux traversés
  - la gestion de la congestion (trop de paquets dans le sous-réseau)
  - adressage uniforme
  - comptabilisation pour facturation
- IP est la couche réseau d'Internet

La couche Transport

- rôle : transporter des messages utilisateur provenant de la couche session et s'assurer qu'ils arrivent correctement
- concernée par :
  - l'optimisation de l'utilisation des infrastructures
  - la fourniture d'une qualité de service de transmission d'informations adéquate
  - la création de connexion(s)
  - multiplexage des données
  - le type de service à fournir : point à point fiable, messages isolés (datagramme) à destinations multiples
  - contrôle de flux entre source et destination finale
- premier protocole de bout en bout du modèle : il n'est requis que sur les équipements terminaux

La couche Session

- rôle : fournir aux entités de présentation les moyens nécessaires à l'organisation et à la synchronisation de leur dialogue
- concernée par :
  - l'ouverture et la fermeture de sessions entres les utilisateurs
  - la gestion du dialogue (à qui de parler)
  - la gestion de jetons (réserves pour des opérations critiques)
  - la synchronisation (points de reprise en cas d'échec), l'interruption et la reprise du dialogue

cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet ou ce sont les applications qui gèrent elles-mêmes les sessions si nécessaire (session FTP, session TELNET, session HTTP/PHP sur certains sites web, etc.)

La couche Présentation

- rôle : faciliter l'échange de données entre utilisateurs
- concernée par :
  - la représentation des informations échangées (entiers, chaînes, flottants,
  - structures composites)
  - le masquage de l'hétérogénéité de techniques de codage utilisées par les
  - différents systèmes
  - encodage/décodage des données dans une norme reconnue
- première couche concernée par la sémantique des informations transportées
- l'ISO a normalisé la syntaxe ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1)

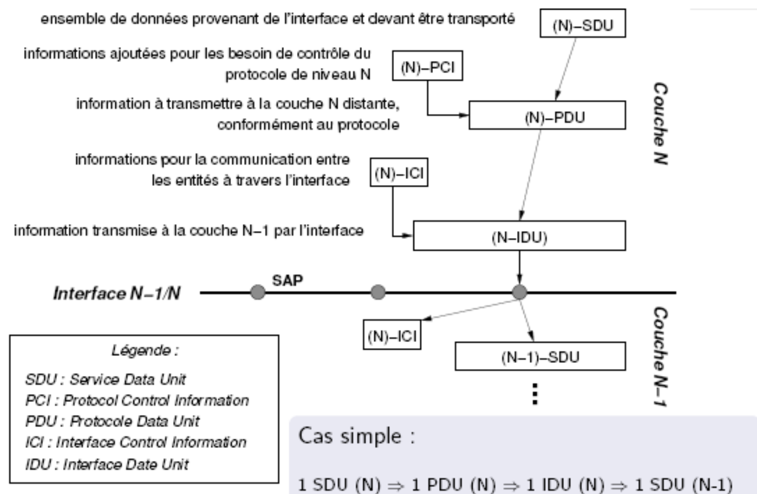
cette couche n'existe pas en tant que telle dans certains réseaux comme Internet ou des standards de codage sont utilises dans les échanges (Network-byte order, ASCII, GIF, JPEG, MPEG, HTML, encapsulation MIME, etc.)

La couche Application

- rôle : donner aux processus d'application les moyens d'accéder à l'environnement de communication de l'OSI
- on y trouve de nombreux protocoles adaptes à différentes classes d'application
- concernée par :
  - terminal virtuel
  - courrier électronique
  - WWW (base de données repartie, commerce électronique,...)
  - groupes de discussion
  - exécution de travaux a distance
  - transfert de fichiers

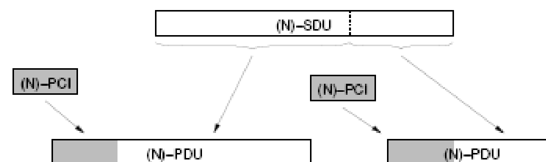
Traitement de l'information a travers les couches

Passage de l'information dans les couches



Segmentation/Reassemblage

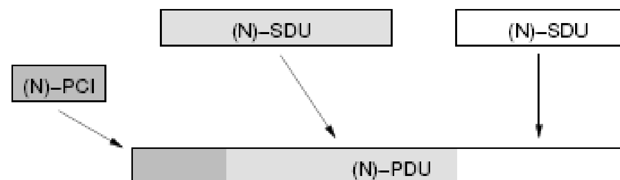
- la **segmentation** est réalisée par la couche N pour mettre en correspondance un SDU avec plusieurs PDU



- sert à adapter les SDU aux capacités de transmission de la couche N
- exemple : découpage d'un long message (10 Ko) pour s'adapter aux capacités du réseau (1500 octets)
- le **réassemblage** est l'opération inverse

Groupage/Degroupage

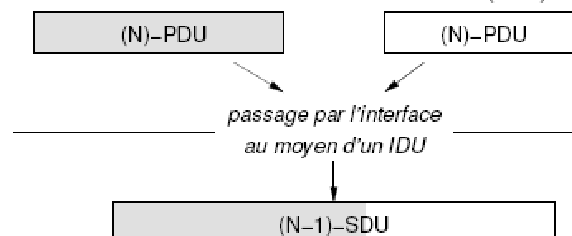
- le **groupage** est réalisé par la couche N pour mettre en correspondance plusieurs SDU avec un seul PDU



- sert à exploiter au mieux les capacités de transmission
- exemple : 5 messages de 300 octets envoyés avec un seul PDU de 1500 octets (plus PCI)
- le **dégroupage** est l'opération inverse

Concaténation/Séparation

- la **concaténation** est réalisée par une couche N pour mettre en correspondance plusieurs PDU avec un seul (N-1)-SDU



- sert à exploiter au mieux le service de la couche N-1
- exemple : envoi de messages de contrôle et de messages de données en une demande de service
- la **séparation** est l'opération inverse